

Analisis Pengaruh Kecepatan Potong dan Jenis Material Pahat Terhadap Keakurasian Ukuran Pada Mesin CNC Milling Mini 3 Sumbu

Tito Pramono*, Pipit Wahyu Nugroho²

Politeknik Negeri Malang

Abstrak: Mesin CNC (*Computer Numerical Control*) milling merupakan mesin perkakas berbasis kontrol komputer yang digunakan untuk produksi dengan tingkat akurasi dan kuantitas tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kecepatan potong dan variasi material pahat terhadap keakurasian dimensi hasil pemesinan pada mesin CNC Milling Mini 3 Sumbu. Metode yang digunakan kuantitatif dengan eksperimen dengan variasi kecepatan potong (120, 140, 160, dan 180 m/menit) serta dua jenis material pahat, yaitu HSS dan Carbide. Material benda kerja yang digunakan adalah aluminium 1060. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan potong berpengaruh signifikan terhadap keakurasian dimensi benda kerja; semakin tinggi kecepatan potong, semakin besar penyimpangan dimensi yang terjadi. Sebaliknya, variasi material pahat tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap keakurasian, dengan selisih penyimpangan yang kecil pada arah X (0–0,003 mm), Y (0,001–0,003 mm), dan Z (0,001–0,004 mm). Interaksi antara kecepatan potong dan material pahat juga tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap hasil akurasi, dengan kisaran penyimpangan dimensi sebesar 0–0,006 mm. Simpulan dari penelitian ini adalah bahwa peningkatan kecepatan potong dapat menurunkan akurasi dimensi hasil pemesinan, sementara jenis material pahat memiliki pengaruh yang tidak signifikan terhadap hasil akurasi ukuran.

Kata Kunci: Mesin CNC Milling, Kecepatan Potong, Keakurasian Ukuran, Bahan Alumunium, Material Pahat HSS, Carbide.

DOI:

<https://doi.org/10.47134/jme.v2i3.4727>

*Correspondence: Tito Pramono

Email: titopramono01@gmail.com

Received: 30-05-2025

Accepted: 30-06-2025

Published: 30-07-2025



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: CNC (*computer numerical control*) milling machines are computer-controlled machine tools used for high-accuracy and high-volume production. This study aims to analyze the effect of cutting speed and cutting tool material variations on the dimensional accuracy of machining results on a Mini 3-Axis CNC Milling Machine. The method used is quantitative with experiments involving variations in cutting speed (120, 140, 160, and 180 m/min) and two types of cutting tools, namely HSS and Carbide. The workpiece material used was aluminum 1060. The results of the study indicate that cutting speed significantly affects the dimensional accuracy of the workpiece; the higher the cutting speed, the greater the dimensional deviation that occurs. Conversely, variations in cutting tool material did not have a significant effect on accuracy, with small deviations in the X direction (0–0.003 mm), Y direction (0.001–0.003 mm), and Z direction (0.001–0.004 mm). The interaction between cutting speed and tool material also does not show a significant effect on accuracy results, with a dimensional deviation range of 0–0.006 mm. The conclusion of this study is that increasing the cutting speed can reduce the dimensional accuracy of machining results, while the type of tool material has no significant effect on dimensional accuracy results.

Keywords: Aluminium, Size Accuracy, Cutting Speed of 3-axis, Tool Material, CNC Milling Machine.

Pendahuluan

Pengetahuan dan teknologi terus berkembang, termasuk di bidang industri pemesinan. Industri pemesinan menghadapi tantangan untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi dengan kuantitas yang besar (Yoga et al, 2021). Mesin CNC (*Computer Numerical Control*) menjadi salah satu solusi untuk mengatasi tantangan tersebut. Mesin CNC memiliki keunggulan berupa ketelitian tinggi, ketepatan, waktu produksi yang efektif, dan produktivitas yang tinggi (Carles et al, 2019).

Mesin CNC, khususnya mesin CNC *milling* 3 sumbu, terus dikembangkan untuk meningkatkan kegiatan produksi. Umumnya, board control utama pada mesin CNC menggunakan salah satu platform resmi, seperti Mach3, yang dapat mendukung kinerja mesin CNC tetap stabil dalam produksi yang banyak (Nugroho et al, 2020).

Tingkat keakuratan ukuran produk dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kecepatan potong, kecepatan pemakanan, kedalaman pemotongan, arah pemakanan, jenis material benda kerja, material pahat potong, geometri pahat potong, dan diameter cutter yang digunakan (Malik et al, 2019).

Pemilihan diameter cutter juga dapat mempengaruhi akurasi ukuran produk, karena setiap diameter cutter memiliki kecepatan potong yang berbeda, meskipun kecepatan pemakanan dan kedalaman pemotongannya sama. Oleh karena itu, pemilihan diameter cutter yang tepat perlu dilakukan untuk mendapatkan akurasi ukuran yang diinginkan (Kuncara et al, 2022).

Dari penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa parameter sangat berpengaruh dalam kualitas hasil baik kekasaran dan akurasi ukuran. Namun masih ada celah penelitian yaitu pada hubungan dan kecepatan potong dan material pahat terhadap akurasi ukuran pada material aluminium 1060 pada proses pemesinan Mesin CNC Milling Mini 3 sumbu.

Sehingga dari permasalahan yang telah diuraikan penelitian ini mengusulkan judul penelitian dengan judul "Analisis Pengaruh Kecepatan Potong dan Jenis Material Pahat Terhadap Keakuratan Ukuran Pada Mesin CNC Milling Mini 3 Sumbu". Dengan tujuan penelitian ini diharapkan dapat mengidentifikasi kecepatan potong dan material pahat terutama pada akurasi ukuran material 1060. Sehingga dapat ikut berkontribusi pada pemilihan parameter pada pemesinan mesin CNC Milling Mini 3 Sumbu.

Metodologi

Jenis penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dengan metode yang digunakan adalah penelitian eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium CNC lantai D Ruang DB-10 Gedung jurusan Teknik mesin Politeknik Negeri Malang. Pada penelitian ini menggunakan variabel bebas yaitu kecepatan potong 120, 140, 160, dan 180 m/menit dengan material pahat HSS dan Carbide 4 flute diameter 6. Dengan variabel terikat Hasil keakuratan ukuran pada material aluminium seri 1060 pengerjaan pada mesin CNC Milling mini 3 sumbu.

Hasil dan Pembahasan

Data yang telah didapatkan dari proses pemesinan akan dilakukan pengolahan data pada software statistik dan akan dilakukan Analisa menggunakan software Minitab.

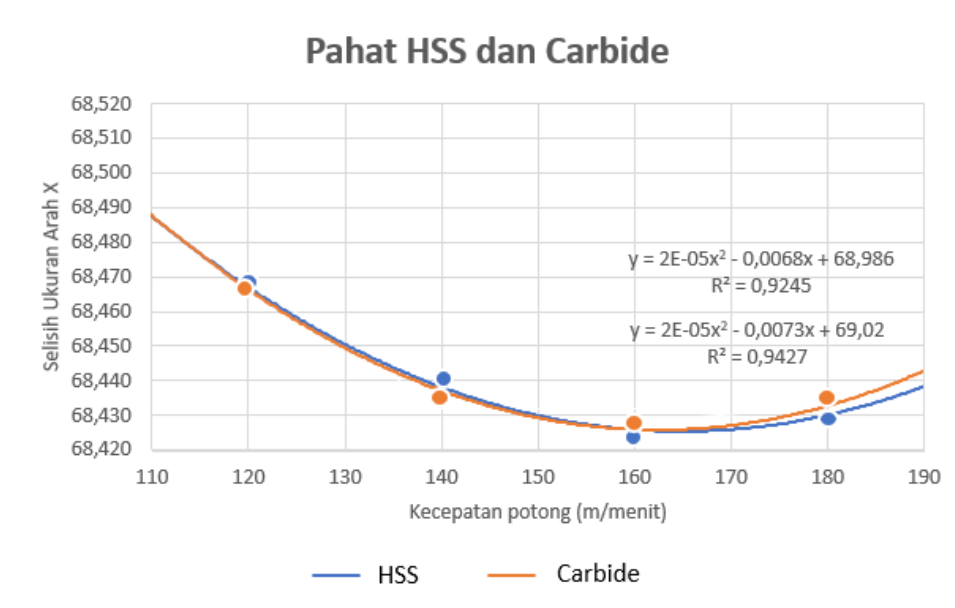
1. Sumbu X

Setelah dilakukan proses pengambilan data sebanyak 10x pada setiap kecepatan potong dan setiap material pahat maka akan dilakukan pengambilan nilai rata-rata dari setiap hasil pengukuran dan akan didapatkan data seperti tabel dibawah

Tabel 1. Data Rata-rata sumbu X Pahat HSS dan *Carbide*

Parameter Kecepatan Potong HSS (m/menit)	Rata-Rata Nilai Hasil pengukuran (mm)	Parameter Kecepatan Potong <i>Carbide</i> (m/menit)	Rata-Rata Nilai Hasil pengukuran (mm)	Selisih rata-rata hasil pengukuran (mm)
120	68,469	120	68,469	0
140	68,432	140	68,429	0,003
160	68,432	160	68,434	0,002
180	68,428	180	68,430	0,002

Didapatkan hasil nilai rata-rata pada didapatkan 3hasil nilai rata-rata pada pengukuran benda kerja diketahui nilai selisih hasil pengukuran dimana kecepatan potong 120 m/menit pahat HSS dan *Carbide* mengalami selisih dengan nilai 0 mm. Ketika kecepatan potong meningkat di ikuti juga dengan nilai selisih ukuran antar material pahat. Di tandai dengan Ketika kecepatan potong 140 m/menit selisih ukuran antara pahat HSS dan *Carbide* dengan nilai 0,003, dan 160 m/menit selisih ukuran antara pahat hss dan carbide dengan nilai 0,002, dan 180 m/menit selisih ukuran antara pahat HSS dan *Carbide* dengan nilai 0,002. Dari nilai rata-rata akan dimasukkan kedalam bentuk grafik dengan menggunakan software statistik. Sehingga akan didapatkan grafik seperti dibawah:



Gambar 1. Grafik Sebaran ukuran Pahat HSS dan Carbide Vc

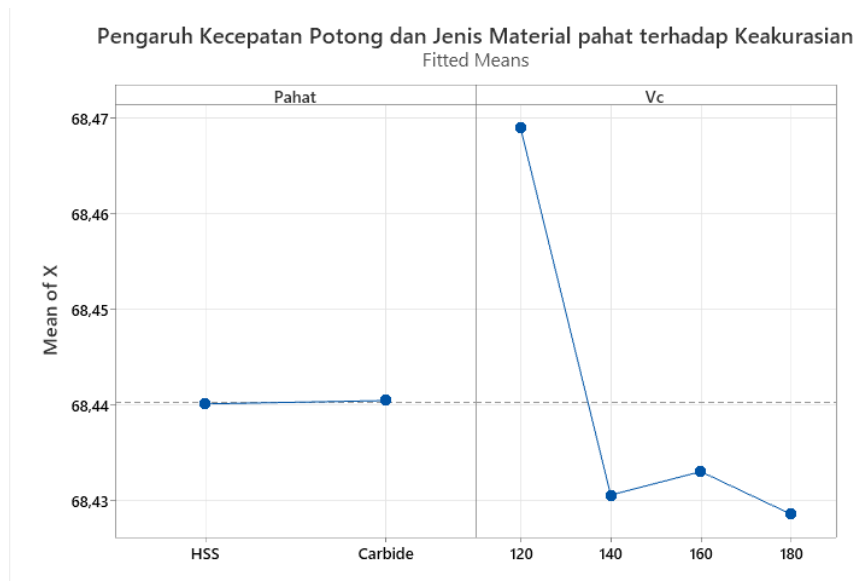
Dari gambar grafik di atas diketahui pahat HSS dan *Carbide* dengan kecepatan potong mulai dari 110-160 m/menit di arah X garis kurva mengalami penurunan drastis dan kecepatan potong 170-190 m/menit garis kurva cenderung meningkat. Maka di ketahui kecepatan potong 120 m/menit mendapatkan nilai ukuran sebesar 68,469 mm untuk pahat HSS dan Carbide didapatkan selisih ukuran antar material pahat sebesar 0 mm, untuk kecepatan potong 140 m/menit mendapatkan nilai ukuran sebesar 68,432 mm untuk pahat HSS dan *Carbide* 68,429 maka didapatkan selisih ukuran antar material pahat sebesar 0,003 mm. Untuk kecepatan potong 160 m/menit mendapatkan nilai ukuran sebesar 68,432 mm pahat HSS dan Carbide 68,434 mm maka didapatkan selisih ukuran antar material pahat sebesar 0,002mm. Untuk kecepatan potong 180 m/menit pahat HSS mendapatkan nilai ukuran sebesar 68,428 mm dan pahat *Carbide* 68,430 mm didapatkan selisih ukuran 0,002 mm. Berikut adalah hasil pengolahan data dari *Analysis of Variance* (ANOVA):

Tabel 2. ANOVA

Analysis of Variance

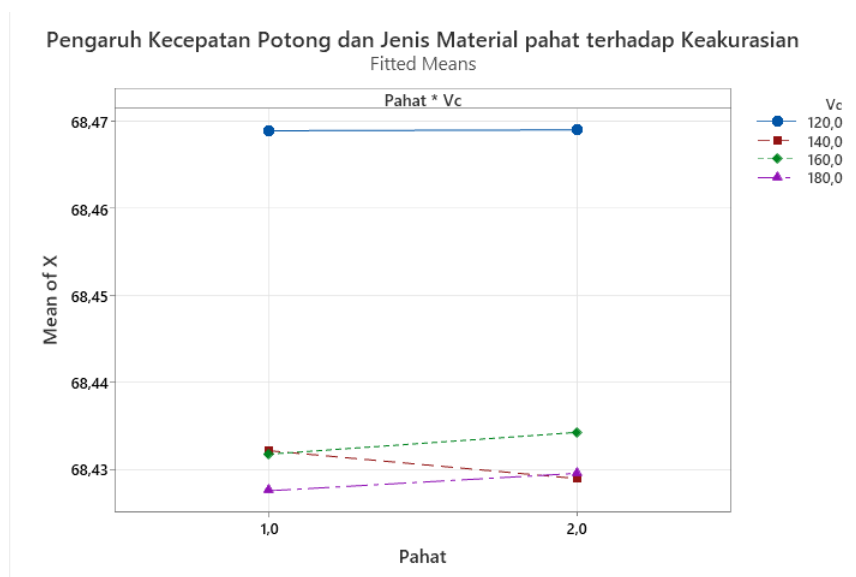
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Pahat	1	0,000002	0,000002	0,03	0,871
Vc	3	0,022087	0,007362	80,28	0,000
Pahat*Vc	3	0,000100	0,000033	0,36	0,779
Error	72	0,006603	0,000092		
Total	79	0,028793			

Pada Analisa menggunakan *Analysis of Variance* didapatkan hasil P-Value pada pahat sebesar 0,871 bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan, pada kecepatan potong sebesar 0,000 bahwa ada pengaruh dan untuk interaksi sebesar 0,779 tidak ada pengaruh yang signifikan.



Gambar 2. Grafik pengaruh kecepatan potong dan material pahat Arah X

Hasil menunjukkan bahwa jenis material pahat (HSS dan Carbide) memiliki pengaruh yang stabil pada keakurasian, dengan nilai rata-rata yang hampir sama. Namun, kecepatan potong memiliki pengaruh yang lebih tidak stabil, di mana kecepatan potong 120 menghasilkan rata-rata tertinggi, yang kemudian turun drastis pada kecepatan potong 140 dan seterusnya menunjukkan tidak stabilan. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan potong memiliki pengaruh yang lebih signifikan terhadap keakurasian dibandingkan jenis material pahat



Gambar 3. Grafik Interaksi pengaruh kecepatan potong dan material pahat Arah X

Dari grafik diatas ditunjukkan bahwa pada kecepatan potong 120, nilai rata-rata X secara konsisten lebih tinggi dengan kecepatan potong lainnya, untuk kecepatan potong (140, 160, 180) menunjukkan nilai rata-rata yang lebih rendah dan sedikit tidak kestabilan diantara kedua jenis pahat. Maka dari itu bahwa kecepatan potong 120 memiliki pengaruh

paling besar terhadap peningkatan keakurasian, sementara jenis material pahat tidak memberikan dampak signifikan terhadap keakurasian tersebut.

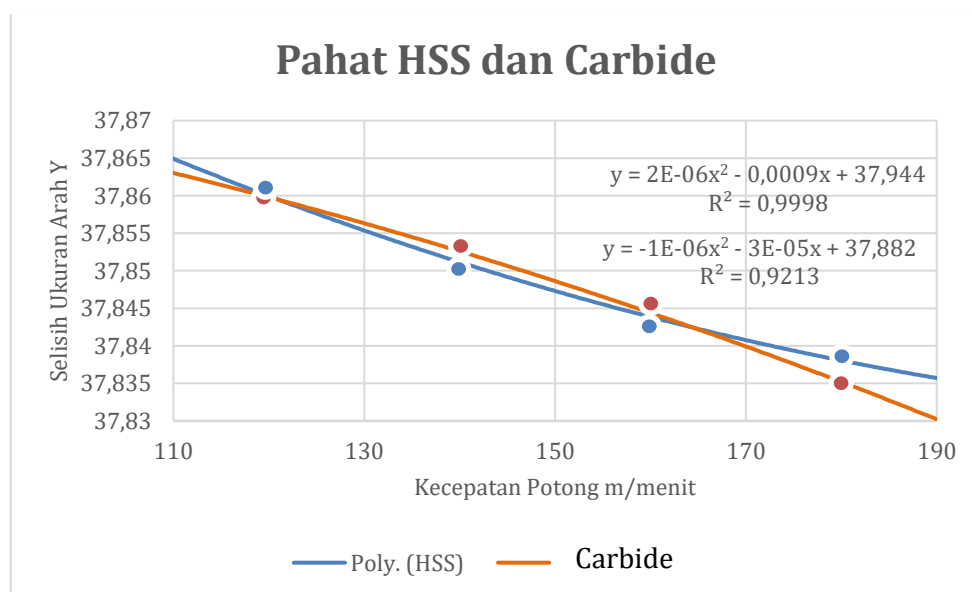
2. Sumbu Y

Setelah dilakukan proses pengambilan data sebanyak 10x pada setiap kecepatan potong dan setiap material pahat maka akan dilakukan pengambilan nilai rata-rata dari setiap hasil pengukuran dan akan didapatkan data seperti tabel dibawah.

Tabel 4. Data tabel rata-rata arah Y pahat HSS dan Carbide

Parameter Kecepatan Potong HSS (m/menit)	Rata-Rata Nilai Hasil pengukuran (mm)	Parameter Kecepatan Potong Carbide (m/menit)	Rata-Rata Nilai Hasil pengukuran (mm)	Selisih rata-rata hasil pengukuran (mm)
120	37,860	120	37,861	0,001
140	37,851	140	37,849	0,002
160	37,844	160	37,848	0,004
180	37,838	180	37,834	0,004

Dari nilai rata-rata didapatkan hasil nilai rata-rata pada pengukuran benda kerja diketahui nilai selisih hasil pengukuran dimana kecepatan potong 120 m/menit pahat HSS dan Carbide mengalami selisih ukuran dengan nilai 0,001 mm. Ketika kecepatan potong meningkat di ikuti juga dengan nilai selisih ukuran antar material pahat. Ketika kecepatan potong 140 m/menit selisih ukuran antara pahat HSS dan Carbide dengan nilai 0,002, dan 160 m/menit selisih ukuran antara pahat hss dan carbide dengan nilai 0,004, dan 180 m/menit selisih ukuran antara pahat HSS dan Carbide dengan nilai 0,004 pada arah Y akan dimasukkan kedalam bentuk grafik dengan menggunakan *software* statistik. Sehingga akan didapatkan grafik seperti dibawah:



Gambar 4. Grafik sebaran ukuran arah Y

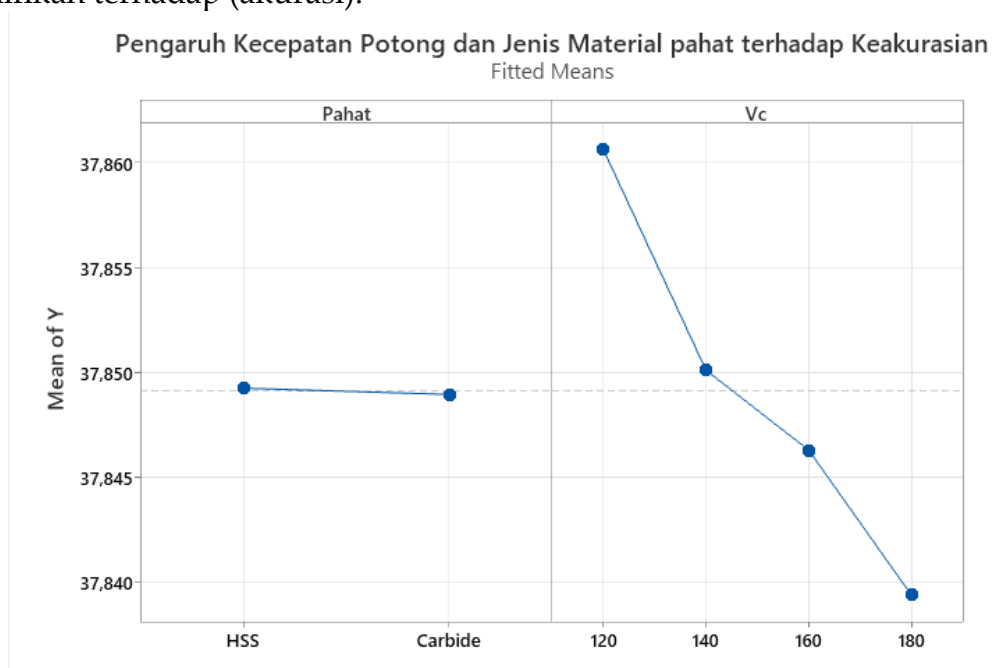
Pada gambar 4 menunjukkan pahat HSS dan *Carbide* dengan kecepatan potong mulai dari 110-190 m/menit di arah Y garis kurva trend mengalami penurunan. Maka di ketahui kecepatan potong 120 m/menit mendapatkan nilai ukuran sebesar 37,860 mm untuk pahat HSS dan *Carbide* 37,681 didapatkan selisih ukuran antar material pahat sebesar 0,001 mm, untuk kecepatan potong 140 m/menit mendapatkan nilai ukuran sebesar 37,851 mm untuk pahat HSS dan *Carbide* 37,849 maka didapatkan selisih ukuran antar material pahat sebesar 0,002 mm. Untuk kecepatan potong 160 m/menit mendapatkan nilai ukuran sebesar 37,844 mm pahat HSS dan *Carbide* 37,848 mm maka didapatkan selisih ukuran antar material pahat sebesar 0,004 mm. Untuk kecepatan potong 180 m/menit pahat HSS mendapatkan nilai ukuran sebesar 37,834 mm dan pahat *Carbide* 37,834 mm didapatkan selisih ukuran 0,004 mm. Berikut adalah hasil pengolahan data dari *Analysis of Variance* (ANOVA):

Tabel 5. ANOVA

Analysis of Variance

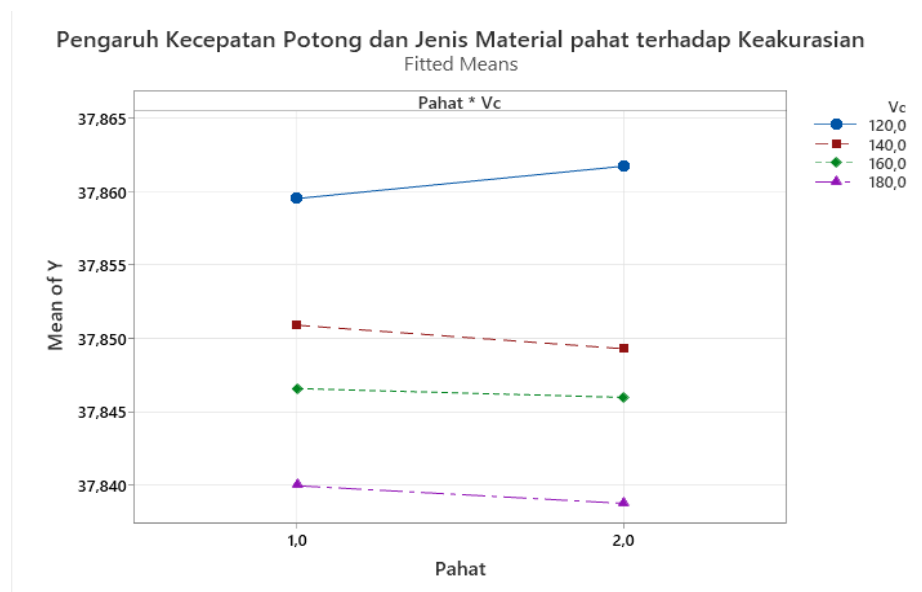
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Pahat	1	0,000002	0,000002	0,07	0,792
Vc	3	0,004704	0,001568	61,17	0,000
Pahat*Vc	3	0,000044	0,000015	0,57	0,633
Error	72	0,001846	0,000026		
Total	79	0,006595			

Pada Analisa menggunakan *Analysis of Variance* didapatkan hasil P-Value pada pahat sebesar 0,792 bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan, pada kecepatan potong sebesar 0,000 bahwa ada pengaruh dan untuk interaksi sebesar 0,633 tidak ada pengaruh yang signifikan terhadap (akurasi).



Gambar 5. Grafik pengaruh kecepatan Potong dan Pahat Arah Y

Pada grafik ini, bahwa keakurasian tidak terlalu dipengaruhi oleh jenis material pahat (HSS atau Carbide), karena kedua titik tersebut hampir berada di level yang sama. Namun, keakurasian secara signifikan dipengaruhi oleh kecepatan potong (V_c), di mana peningkatan kecepatan potong dari 120 hingga 180 mengakibatkan penurunan keakurasian secara konsisten. Hal ini ditunjukkan oleh tren penurunan garis yang cukup tajam pada bagian V_c dari grafik tersebut. Dapat disimpulkan secara keseluruhan, grafik ini menyoroti bahwa kecepatan potong memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap keakurasian dibandingkan dengan jenis material pahat.



Gambar 6. Grafik Interaksi pengaruh kecepatan potong dan material pahat Arah Y

Pada gambar 6 menunjukkan bahwa kecepatan potong 120 terdapat sedikit peningkatan keakurasian saat menggunakan jenis material pahat *carbide*. Namun, pada kecepatan potong yang lebih tinggi (140 160 dan 180), keakuratan cenderung menurun atau tetap stabil dengan variasi jenis pahat. Terutama pada kecepatan potong 180 penurunan keakuratan paling terlihat dibandingkan dengan nilai kecepatan potong lainnya, yang ditunjukkan oleh garis yang terus menurun. Dapat disimpulkan secara keseluruhan, grafik ini bahwa kecepatan potong memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap keakurasian dibandingkan dengan jenis material pahat.

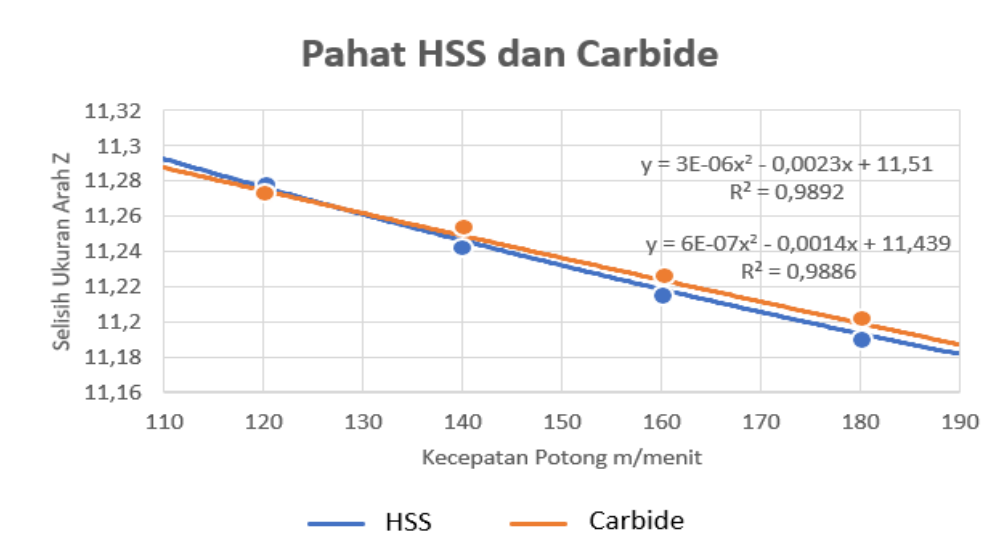
3. Sumbu Z

Setelah dilakukan proses pengambilan data sebanyak 10x pada setiap kecepatan potong dan setiap material pahat maka akan dilakukan pengambilan nilai rata-rata dari setiap hasil pengukuran dan akan didapatkan data seperti tabel dibawah

Tabel 6. Data tabel rata-rata arah Z pahat HSS dan *Carbide*

Parameter Kecepatan Potong HSS (m/menit)	Rata-Rata Nilai Hasil pengukuran (mm)	Parameter Kecepatan Potong <i>Carbide</i> (m/menit)	Rata-Rata Nilai Hasil pengukuran (mm)	Selisih rata-rata hasil pengukuran
120	11,278	120	11,276	0,002
140	11,245	140	11,242	0,003
160	11,223	160	11,228	0,005
180	11,192	180	11,198	0,006

Dari setiap nilai rata-rata didapatkan 3 hasil nilai rata-rata pada pengukuran benda kerja diketahui nilai selisih hasil pengukuran dimana kecepatan potong 120 m/menit pahat HSS dan *Carbide* mengalami selisih dengan nilai 0 mm. Ketika kecepatan potong meningkat di ikuti juga dengan nilai selisih ukuran antar material pahat. Di tandai dengan Ketika kecepatan potong 140 m/menit selisih ukuran antara pahat HSS dan *Carbide* dengan nilai 0,003, dan 160 m/menit selisih ukuran antara pahat hss dan carbide dengan nilai 0,003, dan 180 m/menit selisih ukuran antara pahat HSS dan *Carbide* dengan nilai 0,002. Berikut grafik sebaran ukuran material pahat HSS dan *Carbide* dengan parameter kecepatan potong (m/menit). Berikut grafik sebaran ukuran material pahat dan kecepatan potong:



Gambar 7. Grafik Sebaran Ukuran Arah Z

Pada gambar 7 pahat HSS dan *Carbide* dengan kecepatan potong mulai dari 110-190 m/menit di arah Z garis kurva trend mengalami penurunan drastis. Maka di ketahui kecepatan potong 120 m/menit mendapatkan nilai ukuran sebesar 11,278 mm untuk pahat HSS dan Carbide 11,276 didapatkan selisih ukuran antar material pahat sebesar 0,002 mm, untuk kecepatan potong 140 m/menit mendapatkan nilai ukuran sebesar 11,245 mm untuk pahat HSS dan *Carbide* 11,242 maka didapatkan selisih ukuran antar material pahat sebesar

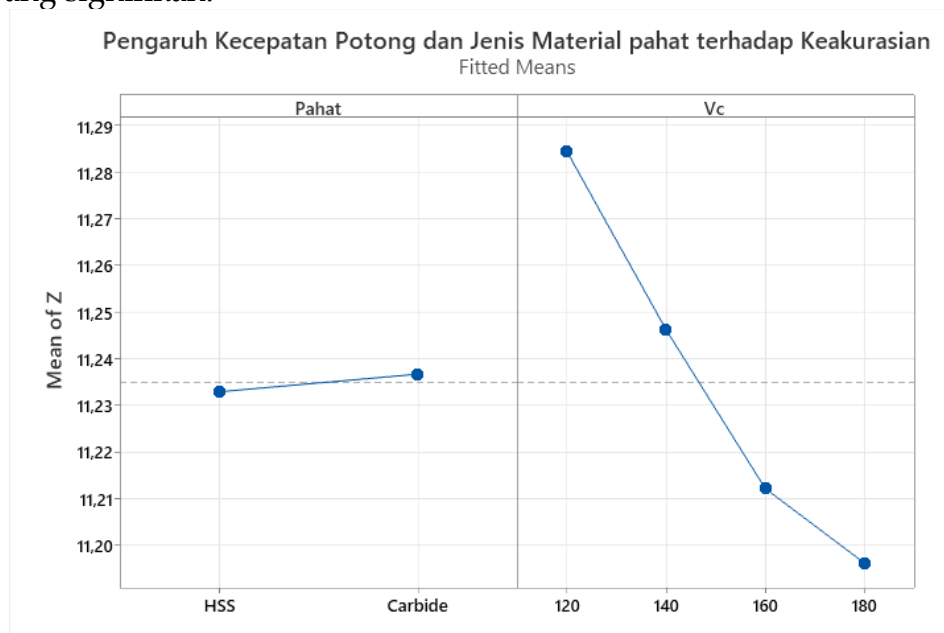
0,003 mm. Untuk kecepatan potong 160 m/menit mendapatkan nilai ukuran sebesar 11,223 mm pahat HSS dan Carbide 11,228 mm maka didapatkan selisih ukuran antar material pahat sebesar 0,005 mm. Untuk kecepatan potong 180 m/menit pahat HSS mendapatkan nilai ukuran sebesar 11,192 mm dan pahat *Carbide* 11,198 mm didapatkan selisih ukuran 0,006 mm. Berikut adalah hasil pengolahan data dari *Analysis of Variance* (ANOVA):

Tabel 8. ANOVA

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Pahat	1	0,000285	0,000285	1,18	0,280
Vc	3	0,092161	0,030720	127,45	0,000
Pahat*Vc	3	0,001141	0,000380	1,58	0,202
Error	72	0,017355	0,000241		
Total	79	0,110942			

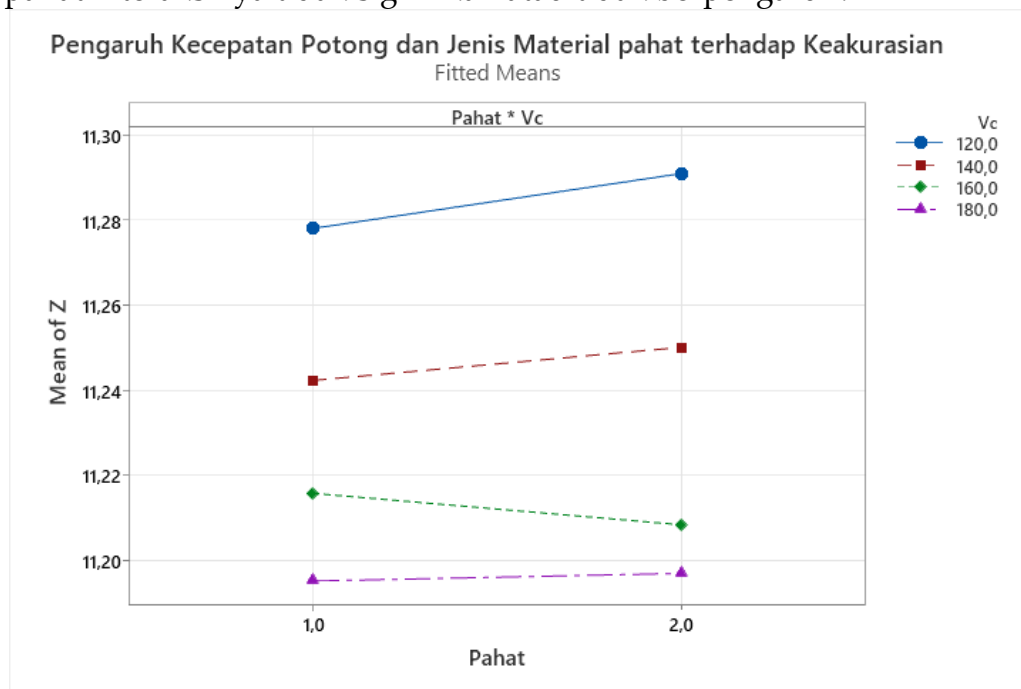
Pada Analisa menggunakan Analysis of Variance didapatkan hasil P-Value pada pahat sebesar 0,280 bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan, pada kecepatan potong sebesar 0,000 bahwa ada pengaruh signifikan dan untuk interaksi sebesar 0,202 tidak ada pengaruh yang signifikan.



Gambar 9. Pengaruh Kecepatan Potong dan jenis Pahat Arah Z

Gambar 8 diatas merupakan grafik yang menunjukkan pengaruh kecepatan potong (Vc) dan jenis material pahat terhadap keakurasian hasil. garis horizontal terbagi menjadi dua bagian, yaitu bagian yang menunjukkan jenis material pahat (HSS dan Carbide) dan variasi kecepatan potong (120, 140, 160, dan 180). Garis vertikal menunjukkan nilai rata-rata dari suatu variabel terikat (keakurasian) yang sebagai "Mean of Z". Pada bagian kiri grafik, terlihat bahwa jenis pahat (HSS dan Carbide) tidak menunjukkan perbedaan signifikan

dalam keakurasian, dengan nilai rata-rata Z yang hampir sama. Namun pada bagian kanan grafik, terlihat bahwa kecepatan potong (V_c) memiliki pengaruh yang jelas terhadap keakurasian. Semakin tinggi kecepatan potong (dari 120 hingga 180), nilai Z menurun secara signifikan, menunjukkan penurunan. Maka dapat disimpulkan bahwa kecepatan potong (V_c) memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil keakurasian sedangkan jenis material pahat interaksinya tidak signifikan atau tidak berpengaruh.



Gambar 10. Grafik Interaksi pengaruh kecepatan potong dan material pahat Arah Z

Pada grafik interaksi yang ditunjukkan pada gambar 4.15 terdapat 4 jenis garis yang memiliki warna berbeda diantaranya warna biru mewakili kecepatan potong 120 m/menit, warna merah mewakili kecepatan potong 140 m/menit, warna hijau mewakili kecepatan potong 160 m/menit, dan warna ungu mewakili kecepatan potong 180 m/menit. Selanjutnya garis vertical menunjukkan rata-rata dari arah Z atau *Mean of Z* dan garis horizontal jenis material pahat. (1,0 HSS dan 2,0 Carbide). Dari grafik diatas bahwa kecepatan potong yang lebih rendah (120) menghasilkan nilai Z yang keakurasian lebih baik dan untuk, kecepatan potong yang lebih tinggi (180) menghasilkan nilai Z yang lebih rendah (keakurasian lebih rendah) pada kedua jenis material pahat. Pada pola interaksi antara pahat dan kecepatan potong tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan, karena garis-garisnya tidak saling bersilangan secara tajam, bahwa interaksi antara pahat dan kecepatan potong tidak ada pengaruh signifikan

Berdasarkan dari penelitian diatas didapatkan bahwa dalam setiap proses pembuatan suatu mesin baik itu mesin konvensional maupun modern perlu dilakukannya proses pengujian maupun percobaan pada performa mesin baik mesin konvensional maupun mesin modern. Pada penelitian ini dilakukan pengujian performa mesin CNC Milling Mini pada keakurasian ukuran benda kerja hasil proses pemotongan terhadap hubungan antara material pahat HSS dan Carbide dan kecepatan potong dengan variasi 120, 140, 160, dan 180 m/menit dengan material benda yang digunakan aluminium 1060.

Dikarenakan dari proses tersebut akan didapatkan rekomendasi parameter kecepatan potong terhadap masing-masing material pahat di karenakan mesin ini termasuk mesin baru sehingga perlu dilakukannya pengujian tersebut agar lebih memudahkan operator saat mengoperasikan agar mesin ini dapat beroperasi dengan performa yang optimal sehingga mendapatkan hasil yang optimal.

Pengaruh variasi kecepatan potong terhadap keakurasian ukuran material alumunium 1060 H1 diterima dan H0 ditolak. Dikarenakan pada arah X, Y, dan Z berdasarkan data tersebut memiliki nilai P-value sebesar 0,000, nilai P-Value kurang dari nilai α yang di tentukan ($P\text{-Value} < \alpha$). Pada tabel data dan grafik didapatkan hasil bahwa mulai pada kecepatan potong rendah yaitu dari kecepatan 120 m/menit memiliki nilai selisih ukuran pada arah X 0mm, Y 0,001mm, dan Z 0,002mm sedangkan semakin tinggi kecepatan potong mulai dari 140 m/menit memiliki nilai selisih ukuran pada arah X 0,003mm, Y 0,002mm, dan Z 0,003mm, 160 m/menit memiliki nilai selisih ukuran pada arah X 0,002mm, Y 0,004mm, dan Z 0,005mm, 180 m/menit memiliki nilai selisih ukuran pada arah X 0,002mm, Y 0,004mm, dan Z 0,006mm keakurasian akan semakin menurun. Dikarenakan semakin tinggi kecepatan potong akan berakibat pada meningkatnya suhu pada pahat sehingga akan menyebabkan *chip* /geram menyelip pada gigi pahat sehingga akan mempengaruhi hasil keakurasian ukuran benda kerja. Jika ingin menggunakan kecepatan potong yang tinggi disarankan untuk menggunakan cairan pendingin/*cooling*. Agar dapat menghasilkan performa mesin yang optimal pada keakurasian benda kerja.

Pengaruh variasi material pahat terhadap keakurasian ukuran material alumunium 1060 H0 diterima dan H1 ditolak. Dikarenakan pada arah X,Y dan Z berdasarkan data tersebut memiliki nilai P-value sebesar arah X 0,871, Y 0,792, dan Z 0,280 maka nilai P-Value lebih dari nilai α yang di tentukan ($P\text{-Value} > \alpha$). Pada tabel data dan grafik didapatkan hasil bahwa pada setiap material pahat HSS dan Carbide untuk nilai selisih ukurannya pada arah X 0-0,003, Y 0,001-0,003 dan Z 0,001-0,004 maka pahat tidak memengaruhi performa mesin dalam hal keakurasian ukuran secara signifikan. Sehingga perlu untuk melakukan proses pengujian lebih lanjut terhadap material pahat dan perlu dilakukan pengujian dengan waktu yang lebih lama untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal karena pada penelitian ini lebih berfokus pada performa mesin.

Interaksi antara variasi kecepatan potong dan variasi material pahat terhadap keakurasian ukuran benda kerja alumunium 1060 H0 diterima. Dikarenakan pada arah X, Y, dan Z berdasarkan data tersebut memiliki nilai P-value sebesar arah X 0,779, Y 0,633, dan Z 0,202 maka nilai P-Value lebih dari nilai α yang di tentukan ($P\text{-Value} > \alpha$). Pada tabel data dan grafik didapatkan hasil bahwa jika semakin tinggi kecepatan potong akan mengakibatkan suhu pada pahat meningkat sehingga akan berakibat *chip* atau geram menyelip di sela-sela gigi pahat sehingga akan mempengaruhi keakurasian ukuran benda kerja. Untuk material pahat HSS dan Carbide untuk nilai selisih ukurannya berkisar pada 0mm – 0,006mm Maka berdasarkan nilai selisih itu menjelaskan bahwa material pahat tidak memengaruhi performa mesin dalam hal keakurasian ukuran. Pada interaksi variasi kecepatan potong dan jenis material pahat terhadap performa mesin pada hal keakurasian ukuran tidak ada pengaruh signifikan.

Simpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa semakin tinggi kecepatan potong akan menghasilkan perfoma mesin pada keakurasian ukuran benda kerja semakin rendah pada semua arah X, Y, dan Z dari hasil proses pengerjaan mesin tersebut. Dikarenakan pada mesin CNC *milling mini* tersebut jika semakin tinggi kecepatan potong akan mengakibatkan suhu pada pahat meningkat sehingga akan berakibat *chip* atau geram menyelip di sela-sela gigi pahat sehingga akan mempengaruhi keakurasian ukuran benda kerja. Sedangkan pada variasi material pahat ini yaitu HSS dan Carbide tidak ada pengaruh yang signifikan dikarenakan pada proses pengujian hanya menggunakan 1 material pahat untuk 2 spesimen sehingga hasil yang didapatkan karena pahat tidak mengalami kecacatan dan keausan. Sehingga perlu untuk melakukan proses pengujian lebih lanjut dengan hasil yang lebih optimal. Sehingga untuk Interaksi yang terjadi antara parameter kecepatan potong dan jenis material pahat HSS dan Carbide tidak ada pengaruh secara signifikan terhadap keakurasian ukuran benda kerja alumunium 1060. Dengan ditandai dari semakin tinggi nilai kecepatan potong pada setiap material pahat didapatkan juga semakin tinggi nilai selisih penyimpangan hasil akurasi ukuran. Saran untuk penelitian mendatang perlu dilakukannya proses pengujian dalam rentan waktu yang lebih lama agar mendapatkan hasil yang lebih optimal. Untuk variasi material perlu dipilih yang bervariasi. Dan gunakan cairan pendingin atau *coolant* agar mendapatkan hasil yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- Alkharami, M, V., Arifin, J., Septiansyah, A, T., (2022), Penerapan Metode Statistical Process Control Pada Pengendalian Kualitas Single Part BS-62631-60M00, Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, 8(4)
- Ariyanto, N, A., Usman, M, K., (2019), Pengaruh Variasi Kecepatan Feeding Pada CNC Router 3 Axis Nozzle, Journal Mechanical Engineering, 7(2), 17-20
- Bagiasna, K. 2000, Pengantar Pengetesan Ketelitian Geometrik Mesin Perkakas. Teknik Produksi Mesin Institut Teknologi Bandung
- Bashori H., (2020). Uji Material Alumunium Paduan Dengan Metode Kekerasan Rockwell, 1(1).
- Carles, H., Yusuf, M., (2019), Analisa Kekasaran Permukaan Terhadap Kekasaran Material Pada Proses Milling Dengan Variasi Kecepatan Feeding, Jurnal Tek. Mesin, 8(2) 10–11
- Davis, J. R., (2001). Alumunium and Alumunium Alloys ASM International
- Hector, A., Felten, S. V. & Schmid, B. (2010), Analysis of variance with un balanced data: an update for ecology & evolution, Journal of Animal Ecology, 79, 308-316.
- Kuncara, M., Ruhjana, L., (2022) Analisis Pengaruh Variasi Feedrate terhadap Akurasi Mesin CNC Router 3 Axis Berbasis Amikrokontroler, Jurnal Ilmu Tek, 3(1), 19-24
- Malik, I., Azharuddin, A., & Dewi, C. K. (2019). Aplikasi Hasil Rancang Bangun Mesin CNC Router Terhadap Proses Pemesinan (Cutting Speed, Feeding Cutting dan Depth of Cut) Terhadap Waktu. Jurnal Austenit, 11(1), 11–15

- Malik, I., Azharuddin, A., & Riyadi, S. (2020). Pengaruh Spindle Speed, Feed Rate, dan Depth of Cut Terhadap Akurasi Hasil Permesinan Pada Mesin CNC Router 3Sumbu, *Jurnal Austenit*, 11(2), 33–40
- Novrialdy, Y., Arwizet, K., Yufizal, A., Prasetya, F., (2021) Pengaruh Variasi Feed Rate Terhadap Kekasaran Permukaan Polyethylene Menggunakan Mesin CNC Milling, *Jurnal Vomek*, 2(2), 25-33
- Nugroho, A. B., Auliq, M. A., Alrasyid, M. Z., (2020), Analisa Perbandingan Performansi Akurasi Mesin CNC (Computer Numerical Control) Router Berbasis Mach3 dan Arduino Uno Menggunakan Metode SQC (Statistical Quality Control), *Jurnal Tek, Elektro*, 2(2) 75-86
- Paridawati., (2020) Pengaruh Kecepatan Dan Sudut Potong Terhadap Kekasaran Benda Kerja Pada Mesin Bubut, *Jurnal. Ilmiah Tek. Mesin*, 3(1). 53–67
- Purwantoro, A., Duniawan, A., Hanif, A., (2022) Uji Ketelitian Geometrik Mesin Frais Universal Type 57-3C Menggunakan Standar ISO 1701, *Jurnal Tek. Mesin ITI*, 6(2)
- Raharjo. R., Widodo. T. D., Bintarto. R., (2018) *Desain Manufaktur Bracket Aluminium*, *Jurnal Rekayasa Mesin*, 9(2), 110-125
- Saputra, D. L., & Yudiyanto, E. (2024). Analisis Performa Mesin CNC Milling Mini 3 Sumbu Terhadap Akurasi Gerak Pemotongan. *Journal of Mechanical Engineering*, 1(3). <https://doi.org/10.47134/jme.v1i3.3117>
- Syaifudin, M., Syafri, S., (2017) Pengaruh Kesalahan Dimensi Terhadap Ketelitian Gerak Output Mesin Milling 3 Axes, *Jurnal Online Mahasiswa*, 4(2)
- Sumpena, A., Suharto, A., (2010) Studi Kemampuan dan Keandalan Mesin Milling F4 Melalui Pengujian Karakteristik Statik Menurut Standar Iso 1701, *Jurnal Politeknologi*, 9 (3), 1-8
- Suryadi, R., Riana, D., Kangen (2022) Pengaruh Parameter Proses CNC Milling terhadap Surface Roughness dan Toleransi Bidang pada Inlet Outer Valve, *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 53-62
- Syukur, M. A., (2021) Penentuan Parameter Input Proses Pemesinan Milling Dan Gurdi Untuk Pembuatan Pencengkam Spesimen Alat Uji Lelah Dengan Kekuatan Maksimum 370 MPa, *Jurnal. Ilm. Tek. Mesin*, 7(2)
- Taylor. J. R. (1999). [*An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements*](#). University Science Books. hlm. 128–129
- Tiwan, (2014), Kemampuan Mahasiswa Dalam Memilih Material Pada Pembuatan Karya Teknologi, *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 22(1), 100-107
- Tolosi, K., Poeng, R., Lumintang R., (2013) Analisis Ketelitian Geometrik Mesin Frain Horizontal Kunzmann Uf6 Di Laboratorium Manufaktur Teknik Mesin Unsrat, 2(1), 1-10
- Tsamroh, D. I., Fauzy, M. R., (2022) Peningkatan Sifat Mekanik Al6061 Melalui Heat Treatment Natural-Artificial Aging, *Jurnal Teknol. Terap.*, 6(1), 8-13
- Tri, P., Agung, W., Yatna, Y., Indra, N., (2010) Pengujian Ketelitian Geometrik Mesin Perkakas CNC Milling Vertikal Buatan Dalam Negeri, *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM)*, 9, 141-145

-
- Yessika, F, A., Yudiono H., (2020), Pengaruh Variasi Baja Terhadap Keausan End Mill Cutter HSS Pada Proses Pemesinan CNC Milling, Jurnal Teknik Mesin Indonesia, 15(2), 21-24
- Yoga, N., Arwizet, K., Yufrizal, A., Febri, P. (2021). Pengaruh Variasi Feed Rate Terhadap Kekasaran Permukaan Polyethylene Menggunakan Mesin CNC Milling. Jurnal Vomek, 3, 25-33